Beiträge

zur

mikroskopischen Anatomie

der

menschlichen Zähne.

Inauguraldissertation

von

Dr. Johann Czermák.

Mit zwei lithographirten Tafeln.

1850.

A. Vom Schmelz.

Der Schmelz überzieht als eine mehr oder weniger dicke Schichte, welche an Mächtigkeit gegen die Basis der Krone constant abnimmt, einen bedeutenden Theil des über den Rand der Alveolen hervorragenden Stückes der Zahnsubstanz (substantia tubulosa). Die Linie, bis zu welcher sich der Schmelzüberzug heraberstreckt, kann man die Begrenzungslinie des Schmelzes oder kurz Schmelzgrenze nennen. Sie ist an den verschiedenen Arten der Zähne verschieden gekrümmt, und unter der Loupe betrachtet, mehr oder weniger gezackt; ausnahmsweise finden sich schmale oder breitere Zacken (Fortsetzungen der Schmelzsubstanz), welche bis eine Linie weit über die legitime Grenze hinausreichen. Diese Gestalt der Schmelzgrenze ist von Interesse, insofern sie eine eigenthümliche Beschaffenheit des Schmelzorgans (organon adamantinae) voraussetzt, und ich führe sie desshalb an.

Die Schichte der Schmelzsubstanz nimmt, wie gesagt, an Dicke gegen die Basis der Krone nach und nach ab und ist gewöhnlich gleichmässig abgelagert, ohne andere äusserlich auffallende Spuren eines gleichsam stossweisen oder unterbrochenen Bildungsprozesses, als die später anzuführenden verschiedenen Unebenheiten der äusseren Schmelzoberfläche; manchmal jedoch ist der Schmelz durch deutliche, rund um die Krone laufende Furchen, welche oft bis auf die Zahnsubstanz einzuschneiden scheinen, in entsprechende ringförmige Wülste abgetheilt und erscheint in Folge dessen als eine Schichte von sehr ungleichmässig wechselnder Mächtigkeit, woraus auf eine Störung der Function des Schmelzorgans während der Bildung des Zahnes geschlossen werden darf. Die Breite der Wülste, welche am häufigsten am unteren Theile des Schmelzes (bis 4, 5 ... an Zahl) vorkommen, beträgt oft den drit-

ten Theil einer Linie und darüber. Diese Formen, die an übrigens ganz gesunden und normalen Zähnen zu finden sind, machen den Uebergang zu den krankhaften Bildungen des Schmelzes.

Weder die innere, noch die äussere Oberfläche des Schmelzes ist glatt und eben. Die erstere zeigt kleine, durch vorspringende Bündel von Prismen gebildete, rundliche Höcker und papillenartige Erhabenheiten und diesen entsprechende Vertiefungen, welche in allen Abstufungen — bald auffallend entwickelt, bald ganz verstrichen — zu finden sind; die letztere lässt neben geringen unregelmässigen Unebenheiten fast immer noch ein besonderes System von feinen, sehr zahlreichen, regelmässigen Furchen und Wülstchen erkennen, auf welche ich schon oben als eine Spur des eigenthümlichen normalen Ablagerungsprozesses der Schmelzsubstanz zum Unterschiede von den beschriebenen groben Furchen und Wülsten, die nur der Ausdruck eines gestörten, veränderten Bildungsprozesses sind, hingewiesen habe.

Natürlich sucht man an alten, überhaupt an abgenutzten Zähnen häufig vergebens nach dieser zierlichen Zeichnung, wenigstens an jenen Theilen der Krone, welche durch die mechanischen Einflüsse beim Geschäfte des Kauens am meisten leiden. Auffallend ist aber der Umstand, dass ich die regelmässig wulstige Beschaffenheit der Schmelzoberfläche an den ersten oder sogenannten Milchzähnen niemals entdecken konnte, dass somit dieselbe ein charakteristisches Zeichen für die zweiten oder bleibenden Zähne zu sein scheint, aus welchem auf eine Verschiedenheit in der Ablagerung des Schmelzes der bleibenden und der vorläufigen Zähne zu schliessen wäre. Uebrigens muss ich, um Missverständnissen vorzubeugen, gleich hier bemerken, dass an der Krone der Milchzähne, an denen der Schmelz noch nicht völlig gebildet, noch nicht in seiner ganzen Dicke abgelagert ist, auch ein System von Streifen in die Augen fällt, welches jedoch von dem in Rede stehenden wohl zu unterscheiden ist und erst später gewürdigt werden wird.

Was nun die Furchen und Wülste auf der äusseren Oberfläche des Schmelzes näher betrifft, so ist zu bemerken, dass sie gerade oder wellenförmig hin und her gebogen, aber stets in querer Richtung an dem Schmelz rings herum und in sich selbst zurück laufen. Sie behalten ihre quere Richtung auch an dem unteren Theile der Krone streng bei und gehen nicht mit der Schmelzgrenze parallel, wenn diese gezackt oder stark nach oben oder unten ausgebogen ist. Die Breite und die Tiefe einer und derselben Furche, sowie die Breite und die Höhe eines und desselben Wulstes sind manchen Schwankungen unterworfen, so dass die ganze Zeichnung, betrachtet unter einer genügenden Vergrösserung, an Regelmässigkeit verliert. Vergleicht man Furchen und Wülste aus verschiedenen Regionen der Zahnkrone, so fällt es

gleich in die Augen, dass sie da nicht überall gleich erscheinen, sondern gewöhnlich ganz stätig und nach und nach von unten nach oben an Breite zunehmen. An der Schmelzgrenze findet man die Wülste am wenigsten breit und ganz dicht gedrängt stehend, indem auch die dazwischen liegenden Furchen sehr schmal sind. Je näher man der Spitze der Zahnkrone rückt, desto breiter werden nach und nach die Wülste und die trennenden Furchen; zugleich nehmen sie an Deutlichkeit ab und verschwinden nahe unterhalb der Spitze endlich ganz. Diese Zunahme an Breite bedingt, dass die Zahl der Wülste, welche auf eine Maasseinheit geht, von der Basis gegen die Spitze hin immer kleiner werden muss. Einige Messungen, welche ich darüber anstellte, ergaben, dass auf den dritten Theil einer Linie von den Wülstchen nahe an der Schmelzgrenze etwa 28—24, weiter oben 12—10, endlich ganz oben, wo sie schon undeutlich wurden, nur noch 6—4 derselben kamen. Man untersucht diese Verhältnisse bei auffallendem Lichte mit einer starken Loupe oder einer angemessenen Vergrösserung des Mikroskops. Es hängt viel davon ab, wie man die Oberfläche des Schmelzes gegen das einfallende Licht stellt; denn die wulstige Beschaffenheit derselben kommt nur dadurch zum Vorschein, dass die Wülstchen zarte Schatten werfen. Bei unzweckmässiger Beleuchtung sieht man von dem Allen Nichts. Untersucht man Flächenschliffe des Schmelzes, welche mit Schonung der äusseren Oberfläche gefertigt wurden, bei durchfallendem Licht und mit starker Vergrösserung, so wird man allerdings aus der Nothwendigkeit der Veränderung der Focaldistanz auf die Unebenheiten der Oberfläche auch einen Schluss machen können; allein es dürfte nicht leicht möglich sein, durch diese Methode zu einer übersichtlichen Anschauung zu kommen, weil bei starker Vergrösserung, welche zur Beurtheilung der Dimension der Tiefe durch die Focaldistanz doch unbedingt nothwendig ist, das Gesichtsfeld relativ sehr klein, und wenig vom Objecte auf einmal zu übersehen ist.

Wir haben bisher die Ausdehnung und verschiedene Mächtigkeit der Schmelzschichte, sowie die Beschaffenheit ihrer äussern und innern Oberfläche betrachtet und hiermit gleichsam den Raum abgesteckt, welchen die Schmelzprismen auszufüllen haben; es ist nun zu untersuchen, auf welche Weise dies Letztere geschieht, d. h. in welcher Art sich die Schmelzprismen aneinander reihen und zu einem Ganzen verbinden.

Man studirt die Faserung des Schmelzes an hinreichend dünn geschliffenen Durchschnitten, welche in verschiedener Richtung durch die Zahnkrone geführt werden, und kommt, indem man die einzelnen Bilder combinirt, schliesslich zu einer Totalanschauung derselben. Es sind nicht blos fertige, entwickelte Zähne zu untersuchen, sondern namentlich auch in der Entwickelung begriffene, an welchen manche Verhältnisse besonders leicht und deutlich zu erkennen sind.

Man wird sich auf diese Art bald überzeugen, dass der Schmelz, wie seit den trefflichen Arbeiten von *Purkinje* und *Retzius* allgemein angenommen wird, aus einer überaus grossen Menge von einzelnen Fasern — den sogenannten Schmelzprismen — wirklich bestehe; allein man wird auch oft genug Präparate bekommen, an welchen der Schmelz ganz oder zum Theil als eine durchscheinende, unregelmässig streifige, fast structurlose Masse erscheint, und die Existenz der Schmelzprismen problematisch werden könnte. Die Unvollkommenheit des Schliffes ist in manchen Fällen Schuld daran; oft findet sich dies Verhalten aber an ganz gelungenen Präparaten. Im ersten Falle kommen die Prismen nach Bepinselung des Schliffes mit sehr verdünnter Salzsäure gewöhnlich doch zum Vorschein. Durch diese Behandlung treten zugleich an den Prismen die bekannten Querstreifen, welche übrigens häufig auch ohne dieselbe vollkommen klar zu erkennen sind, sehr deutlich hervor und geben ganzen Partieen der Schmelzprismen das Ansehen von animalen Muskelfasern. Diese Querstreifen machen nicht immer denselben Eindruck; sie sind bald scharf, fein und eng zusammengedrängt, bald breiter, schattenähnlich und weiter von einander abstehend, und es scheint ihr Auftreten nicht immer durch gleiche Momente bedingt. Tragen die Querstreifen den ersten Charakter, so können sie vielleicht als Ausdruck des schichtenweisen Verirdungsprozesses der Schmelzprismen angesehen werden; haben sie die letzteren Eigenschaften, so lassen sie sich wohl — ähnlich wie die Querstreifen der Muskelbündel — durch die varicöse Beschaffenheit, welche ich an manchen Schmelzprismen gesehen habe, erklären.

An den Schmelzprismen, welche, wie man wenigstens vermuthet, durch eine besondere Zwischensubstanz zusammengehalten und zusammengekittet werden und als einzige erkennbare histologische Elemente in ihrer Gesammtheit die substantia adamantina dentium darstellen, kann man ein centrales und ein peripherisches Ende, eine centrale, dem Zahnbein zugewendete, und eine peripherische, frei zu Tage liegende Endfläche und die Seitenflächen, mit welchen sie sich gegenseitig berühren, unterscheiden. Die Summe der centralen Endflächen der Prismen bildet die innere, die Summe der peripherischen die äussere Oberfläche des Schmelzüberzugs. Von beiden Flächen muss, wie sich aus dem Vorhergehenden von selbst ergiebt, die erstere kleiner sein, als die letztere. Erwägt man die im Allgemeinen bekannte Structur des Schmelzes, so kann man dieses Verhältniss nur dann begreifen, wenn etwa die Zahl der peripherischen Enden der Prismen grösser ist, als die Zahl jener Enden, welche bis an die Zahnsubstanz stossen, oder wenn die peripherischen Enden einen bedeutenderen Dickedurchmesser und somit auch eine grössere Endfläche hätten, als die centralen, oder wenn die Prismen gegen die Zahnsubstanz hin dichter und inniger an

einander lägen, als nach aussen u. s. w. Von den angeführten drei Möglichkeiten lässt sich nur die zweite an vielen Orten mit aller Bestimmtheit als factisch vorhanden nachweisen; es ergiebt nämlich eine directe Messung der Schmelzprismen wirklich ein mehr oder weniger auffallendes Dickerwerden derselben gegen das peripherische Ende hin. Unentschieden muss jedoch bleiben — wiewohl es nicht unwahrscheinlich ist —, ob auch noch eine Vermehrung der Prismen in den peripherischen Lagen des Schmelzes — etwa durch Theilung derselben, oder durch Einschaltung neuer Prismen, welche, zwischen die alten eingekeilt, nicht bis an die Zahnsubstanz, wohl aber bis zur äussern Schmelzoberfläche reichen — stattfindet. Ebenso ist ein Auseinandertreten der Prismen mit entsprechender Vermehrung der problematischen Zwischensubstanz nach dem, was ich gesehen habe, nicht bestimmt nachzuweisen.

Was die Richtung der Schmelzprismen betrifft, so ist darüber im Allgemeinen Folgendes zu bemerken. Das peripherische Ende eines Prisma's muss mit dem centralen Ende entweder in gleicher Höhe, d. h. in derselben Querschnittsebene der Krone liegen, oder in ungleicher Höhe, und dann entweder tiefer oder höher stehen, als jenes; das peripherische Ende muss ferner mit dem centralen Ende entweder in derselben Längschnittsebene liegen, oder nicht. Durch Combination dieser Fälle erhalten wir a priori alle irgend möglichen Richtungen der Schmelzprismen. Dass diese gedachten Längs- und Querschnittsebenen, nach welchen wir die verschiedene Richtung der Schmelzprismen beurtheilen, auf einander senkrecht stehen, und dass die ersteren immer durch die ideale Längsachse der Zahnkrone gehen müssen, brauche ich kaum zu erwähnen.

Horizontal und schräg nach aussen und abwärts verlaufende Prismen kommen nur in dem untersten Theile des Schmelzes vor; im Allgemeinen sind die Prismen jedoch mehr oder weniger steil nach aussen und oben gerichtet; in der Spitze stehen sie aufrecht. Eine Abweichung der Richtung aus der Längschnittsebene findet fast bei allen Prismen statt.

Der Verlauf der Schmelzprismen ist ebenso mannigfaltig, als ihre Richtung. Wir sehen die Prismen in der verschiedensten Weise von der innern zur äussern Schmelzoberfläche ziehen, bald ganz gerade gestreckt, bald einfach gekrümmt, bald wellenförmig gebogen, bald wirklich geknickt u. s. w. Ihr letztes peripherisches Ende ist stets gerade gestreckt und steht sehr häufig senkrecht auf der äusseren Schmelzoberfläche auf. Die Prismen haben gruppenweise immer denselben Verlauf und bilden so gewöhnlich um die ganze Krone herum Schichten von regelmässigem Ansehen. Betrachtet man den Schmelz mit dem blossen Auge oder einer Loupe, indem man der Zahnkrone eine ge-

wisse, schwer zu beschreibende Neigung gegen das einfallende Licht giebt, so wird es nach einigen Versuchen meist gelingen, ein System von abwechselnd auf einander folgenden dunklen und helleren Streifen in der Substanz des Schmelzes erscheinen zu sehen, welche ähnlich, wie die oben beschriebenen Wülstchen, in querer Richtung um die Zahnkrone rings herum ziehen, jedoch viel breiter sind, als diese, sich öfters gabelförmig theilen und nicht immer in sich selbst zurücklaufen. Diese eigenthümliche Zeichnung liegt nicht oberflächlich, sondern gleichsam in der Dicke des Schmelzes, und macht den Eindruck, als ob sie durch ein Structurverhältniss der tieferen Lagen des Schmelzes hervorgebracht würde. Dies ist auch in der That so; denn nimmt man Zähne aus dem Zahnsäckchen, an denen der Schmelz noch nicht in seiner ganzen Dicke abgelagert ist, und betrachtet ihn bei auffallendem Lichte, so sieht man das eben beschriebene Streifensystem mit aller Deutlichkeit ganz oberflächlich liegen, zum Beweise, dass dasselbe durch einen eigenthümlichen Verlauf der Schmelzprismen in den tieferen Schichten bedingt wird und im fertigen Zahn, nach vollendeter Ablagerung des Schmelzes, durch die peripherischen Schichten, welche die tieferen später überdecken, allerdings nur durchschimmern kann.

Dieses Streifensystem hatte ich im Sinne, als ich vorhin darauf aufmerksam machte, die an den unausgebildeten Milchzähnen vorkommende Zeichnung nicht etwa für die an den bleibenden Zähnen beschriebene wulstige Beschaffenheit der äusseren Schmelzoberfläche zu nehmen.

Hervorgebracht werden aber diese abwechselnd auf einander folgenden hellen und dunkleren Streifen durch die regelmässigen Zickzackbewegungen der Schmelzprismen, indem die Lichtstrahlen unter verschiedenen Winkeln auf die Seitenflächen der Prismen auffallen und daher bald in das Auge des Beobachters reflectirt werden, bald keine in dieser Richtung reflectirende Oberfläche finden, wodurch dann nothwendig helle und dunkle Stellen entstehen müssen. Würden alle Prismen gerade gestreckt auf dem kürzesten Wege von der innern zur äussern Oberfläche des Schmelzes ziehen und niemals gruppenweise einen gebogenen Verlauf haben, so könnten solche helle und dunkle Streifen gar nicht entstehen. Da die letzten peripherischen Enden der Prismen gerade gestreckt verlaufen, so erklärt es sich, warum diese Zeichnung nur an unausgebildeten Zähnen ganz oberflächlich, an ausgebildeten hingegen aus der Tiefe hervorschimmernd erscheint.

Von der Richtigkeit der gegebenen Erklärung kann man sich auf folgende Weise leicht überzeugen. Man untersuche zuerst mit einer mässigen Vergrösserung an einem nicht allzu dünnen Flächenschliffe des Schmelzes den Verlauf der Prismen bei durchfallendem Lichte und vertausche, nachdem man eine genügende Anschauung davon erhalten hat, das durchfallende Licht mit einer zweckmässigen Beleuchtung von oben,

um die beschriebenen hellen und dunklen Streifen zu sehen. Durch Vergleichung beider Bilder, unter Berücksichtigung der Richtung der einfallenden Lichtstrahlen, wird sich dann herausstellen, dass an dem ganzen Phänomen nur die verschiedene Reflexion der Lichtstrahlen, welche durch die verschiedene Neigung der Biegungen der Prismen gegen das Licht bedingt wird, Schuld ist. Wird nämlich das Präparat, während man es genau beobachtet und einen oder mehrere Streifen aufmerksam und unverwandt mit dem Auge fixirt, auf dem Objecttische so gedreht, dass die Biegungen der Prismen, welche erst durch ihre bestimmte Neigung die Lichtstrahlen zurückwarfen, nun nach und nach in die entgegengesetzte Stellung zum Lichte gebracht werden, und umgekehrt (was am besten auf dem drehbaren Tische der Oberhäuserschen Mikroskope geschieht), so bemerkt man, wie die Streifen nach und nach an Deutlichkeit abnehmen und einer gleichmässigen Beleuchtung und Erhellung des Objects Platz machen und schliesslich in der entgegengesetzten Schattirung allmälig wieder zum Vorschein kommen. Die bei der frühern Stellung des Objects zum einfallenden Lichte hell erscheinenden Streifen werden nach einer Drehung von beiläufig 180° dunkel, die dunkel erscheinenden hell. Wird das Object in derselben Richtung weiter gedreht, so löst sich die Streifung abermals in eine gleichmässige Erhellung auf, und ist man endlich nach einer Drehung von 360° auf den alten Fleck gekommen, so erscheint die Schattirung ganz, wie am Anfang des Versuchs. Zur Bereitung der Präparate für diese Untersuchung wählt man am besten junge Zähne, die das Streifensystem deutlich erkennen lassen, und deren Schmelz noch nicht vollständig abgelagert ist, weil man dann wenigstens an den unteren Theilen der Zahnkrone kaum genöthigt ist, etwas von der dünnen Schmelzschichte abzuschleifen. Will man nicht zugleich den Verlauf der Prismen bei durchfallendem Lichte untersuchen, sondern blos den Wechsel in der Schattirung der Streifen je nach ihrer Stellung gegen das Licht studiren, so genügt es, den ganzen Zahn in einer passenden Weise auf dem Objecttische zu befestigen.

An Querschnitten des Schmelzes, welche nicht allzu dünn ausgefallen sind, kann man sich stellenweise von dem regelmässig gebogenen Verlaufe der Prismen gleichfalls eine Anschauung verschaffen, und zugleich bei Veränderung der Focaldistanz die Bemerkung machen, dass sich die Prismen lagenweise überkreuzen. Bei grösserer Focaldistanz sieht man z. B. die Prismen nach links gebogen; verringert man die Focaldistanz, um den Verlauf der tiefer liegenden Prismen zu sehen, so zeigen sich dieselben oft in der entgegengesetzten Richtung gekrümmt.

An Längsschliffen bedingt die eigenthümliche Faserung des Schmelzes andere Bilder und Erscheinungen. Da nämlich die Prismen je nach ihren Biegungen theils in der Ebene des Schliffes liegen, theils sich

mit derselben kreuzen, so müssen sie abwechselnd bald quer oder schräg durchschnitten, bald der Länge nach von einander getrennt werden. Weil aber ferner der Verlauf der Prismen gruppenweise derselbe ist, so erscheinen an Längsschliffen des Schmelzes regelmässig abwechselnde Schichten von quer (oder schräg) und längs durchschnittenen Prismen, welche bei auffallendem Lichte ziemlich genau hellen und dunklen Streifen entsprechen, indem diese Schattirung nicht etwa nur durch den verschiedenen Reflex des Lichtes von den durch den Schliff erzeugten Oberflächen der Prismen, sondern hauptsächlich von der Neigung der Prismen gegen die auffallenden Lichtstrahlen abhängt. Man sieht die Streifen schon mit freiem Auge. Sie haben nahe an der Schmelzgrenze eine horizontale oder selbst etwas nach aussen und abwärts geneigte Richtung; weiter oben stellen sie sich mehr auf und ziehen schräg von unten und innen nach aussen und oben; sie verlaufen gerade gestreckt oder nach unten convex gekrümmt und nehmen im Allgemeinen an Breite nach unten zu. Ich habe bis 55 helle und eben so viele dunkle Streifen in einer Reihe gezählt.

Um das Verhältniss dieses Streifensystems zu dem vorher beschriebenen, von der Fläche aus gesehenen zu untersuchen, schneide man einen Zahn der Länge nach in zwei Hälften, schleife die Schnittfläche glatt und betrachte mit einer Loupe die neu entstandene Kante, wobei man zu gleicher Zeit die Durchschnittsfläche und die äussere Oberfläche des Schmelzes übersehen wird. Bei gehöriger Beleuchtung erscheinen dann die Streifensysteme beider Flächen auf einmal, und man wird die Ueberzeugung gewinnen, dass dieselben in wesentlicher Beziehung mit einander stehen, indem sie eigentlich blos ein verschiedener Ausdruck eines und desselben Structurverhältnisses sind und wesentlich durch dieselben Ursachen bedingt werden. Demgemäss machen die den auf einander folgenden Schichten der quer und längs durchschnittenen Prismen entsprechenden Streifen, welche an Längsschliffen beobachtet werden, ganz denselben Wechsel von Dunkel- und Hellsein durch, wie die Streifen an dem Flächenschnitte, wenn man das Präparat dem auffallenden Lichte auf die oben beschriebene Weise durch allmälige Drehung unter verschiedenen Winkeln entgegensetzt. Man sieht die Streifen dann am deutlichsten, wenn man sie der Richtung der Lichtstrahlen parallel stellt; dreht man den Oberhäuser'schen Objecttisch um 90°, so verschwindet die Zeichnung so ziemlich ganz, und das Object erscheint gleichmässig erleuchtet; dreht man um weitere 90°, so kommt die Streifung wieder zum Vorschein, allein, so zu sagen, als negatives Bild. Die Streifen, die früher dunkel waren, sind jetzt hell, und umgekehrt. Eine weitere Drehung um 90° macht die Streifung wieder verschwinden, welche schliesslich jedoch abermals, und zwar ganz so, wie vor der Drehung, auftritt, wenn der Kreisbogen vollendet wird.

So ist dies wenigstens gewöhnlich der Fall; doch können natürlich durch eine besondere Anordnung der Prismen Abweichungen von diesem Schema bedingt werden.

Es ist übrigens nicht nothwendig, die beschriebene Erscheinung unter dem Mikroskope zu beobachten; es genügt, wenn man sich mit dem Zahn in der Hand an's Fenster stellt und eins der beiden Streifensysteme mit der Loupe betrachtet, und dann seine Stellung gegen das Licht verändert. Schliesslich will ich noch bemerken, dass man sich das Fixiren eines oder mehrerer Streifen sehr erleichtert, wenn man mit Dinte oder auf irgend eine andre Weise die betreffende Stelle markirt.

Nachdem ich hiermit eine möglichst klare Darstellung der Richtung, des Verlaufs und der Anordnung der Schmelzprismen, mit einem Worte, der Faserung des Schmelzes zu geben versucht habe, will ich noch einige Bemerkungen über die Hohlräume und Kanälchen im Schmelze, sowie über die Färbungen des Schmelzes hinzufügen.

Was die ersteren betrifft, so muss ich von vorn herein gestehen, dass ich mich von der Existenz eines ausgebildeten, vollständigen Röhrensystems im Schmelze, welches, wie die Tubuli der Zahnsubstanz, zur Leitung der Ernährungsflüssigkeit bestimmt wäre, durchaus nicht überzeugen konnte. Alles, was man von Hohlräumen bisher unter verschiedenen Namen beschrieben hat, und was ich selbst gesehen habe, trägt theils den Charakter des Zufälligen, Unwesentlichen, theils den Charakter von Kunstproducten. Im normalen, völlig gesunden Schmelz liegen die Prismen dicht an einander und lassen keine Zwischenräume zwischen sich. Nichtsdestoweniger findet man sehr häufig im Schmelze Hohlräume von der mannigfachsten Form, Grösse, Lage und Richtung. Die Schmelzräume sehen bald den feinsten Verästelungen der Zahnkanälchen, mit denen sie auch oft zusammenhängen, vollkommen ähnlich, bald haben sie einen grösseren Durchmesser und eine unregelmässige Gestalt, doch waltet die Längendimension gewöhnlich vor; theils sind sie einfach, theils verästelt. Sie gehen ferner entweder mit der Richtung der Schmelzprismen parallel, oder sie durchbrechen die Prismen schräg. Man stösst in allen Regionen des Schmelzes auf diese Hohlräume, welche oft in bedeutender Anzahl, in ganzen Büscheln oder Reihen vorhanden sind; doch wählen namentlich die grösseren unter ihnen mit Vorliebe die der Zahnsubstanz zunächst gelegenen Schichten. Gegen die Zahnsubstanz spitzen sie sich dann gewöhnlich rasch oder nach und nach zu, während ihr breiteres Ende mehr oder weniger weit in die oberflächlichen Schichten des Schmelzes hineinragt, und gehen mit ihrem zugespitzten Ende häufig in ein Aestchen eines Zahnröhrchens, von dem sie wie von einem Stiele getragen werden, unmittelbar über. Die meisten Schmelzräume stehen weder unter einander, noch mit den Zahnkanälchen in Verbindung.

Diese verschiedenen Hohlräume sind entweder schon während der ersten Ablagerung des Schmelzes gebildet worden, oder aber erst später auf zufällige Weise durch verschiedene Ursachen entstanden.

Zunächst sind hier aus der zweiten Kategorie Sprünge und Risse zu erwähnen, welche entschieden in Folge von mechanischen Einflüssen, mitunter während des Sägens und Schleifens der Zähne auftreten. Sie sind von verschiedener Gestalt und Ausdehnung, gehen oft mit der Faserung des Schmelzes parallel und erstrecken sich meist durch die ganze Dicke des Schliffes hindurch, während die Schmelzräume andern Ursprungs gewöhnlich mitten in der Substanz liegen. Dies ist jedoch kein durchgreifender Unterschied, und es hält überhaupt schwer, ein untrügliches Kriterium, ein sicheres Merkmal anzugeben, nach welchem man in speciellen Fällen ohne Gefahr einer Täuschung über die Bedeutung solcher Gebilde urtheilen könnte. Man wird häufig keine genügende Rechenschaft von den Gründen geben können, die den Beobachter bestimmen, in dem einen Falle Etwas für ein Kunstproduct zu halten, und in dem andern Falle für einen Bildungsfehler oder ein pathologisches Product zu erklären. Trotzdem dürfte es doch nicht immer unmöglich sein, eine bestimmte Meinung auszusprechen.

Ueber das Verhalten der Schmelzsubstanz gegen auffallendes und durchgehendes Licht ist im Allgemeinen zu bemerken, dass nicht nur die verschiedenen Zähne darin bedeutend von einander abweichen, indem dasselbe bald rein weiss ist, bald hingegen einen Stich in's Gelbe oder Blaue hat, theils stark durchscheinend, theils mehr opak gefunden wird, sondern dass auch der Schmelzüberzug desselben Zahnes an verschiedenen Punkten und in verschiedenen Schichten in dieser Hinsicht eine ungleichmässige Beschaffenheit zeigt. Nicht selten findet man zwar Zähne, deren Schmelz ganz gleichmässig gefärbt ist; allein an vielen Längs- und Querschliffen fallen bei passender Beleuchtung hellere und dunklere Flecken und Streifen auf, welche anderer Natur sind, als die oben beschriebenen von dem Verlaufe der Prismen abhängenden. Bei oberer Beleuchtung sieht man die opakeren Stellen weiss, die durchsichtigen dunkel, weil die ersteren das Licht reflectiren, die letzteren aber durchlassen. Bei durchfallendem Lichte entsprechen den ersteren mehr oder weniger intensiv gelbliche, gelblichbraune, braune bis schwarzbraune Färbungen; die letzteren erscheinen ganz klar und durchsichtig.

Die hellen und dunklen Flecken, welche auf Quer- und Längsschliffen vorkommen, bedeuten natürlich nichts Andres, als dass der Schmelz in grösserer oder geringerer Ausdehnung ein verschiedenes Verhalten gegen das Licht habe; die hellen und dunklen Streifen, die oft sehr regelmässig angeordnet sind, sind hingegen der Ausdruck einer schichtenweisen Färbung des Schmelzes. Auf Längsschliffen ziehen diese Streifen, welche meist von verschiedener Breite und nicht immer

gleich weit von einander abstehen, sehr steil von unten und innen nach aussen und oben; sie kreuzen sich wegen ihrer mehr aufrechten Stellung mit jenen Streifen, welche den Schichten der quer und längs durchschnittenen Prismen entsprechen. Auf Querschliffen sind die Streifen je nach der Gestalt der Zahnkrone kreisförmig oder in Form einer andern krummen Linie gebogen, und laufen entweder in sich selbst zurück und bilden keine geschlossene Linie, indem die Färbung plötzlich oder nach und nach an bestimmten Punkten aufhört; sie gehen einander nahezu überall parallel, sind aber fast immer excentrisch gelagert, so dass die am meisten peripherisch gelegenen Streifen von der äussern Contour des Schmelzes unterbrochen werden. Combiniren wir beide Anschauungen, so werden wir leicht erkennen, dass die gefärbten Schichten, welche auf dem Durchschnitt sich als Farbenlinien darstellen, die Gestalt von hohlen Kegeln haben, deren abgestutzte Spitzen an die innere Schmelzoberfläche stossen, deren Basen aber bis an die äussere Schmelzoberfläche reichen. Die Flächen, welche man durch die abgestutzten Spitzen sowohl, als durch die Basen legen kann, entsprechen natürlich nicht immer genau den Querschnittsebenen der Zahnkrone; denn sonst dürften auf Querschliffen die in sich selbst zurücklaufenden Streifen nicht excentrisch liegen und nicht, wie so häufig geschieht, durch die äussere Contour des Schmelzes unterbrochen werden.

Was die Ursache dieses Verhaltens des Schmelzes gegen das Licht sei, lässt sich in den meisten Fällen vorläufig nicht angeben. Die letzten Ursachen bestimmter Färbungen sind ja überhaupt noch nicht genau ermittelt. Nur in einigen wenigen Fällen glaube ich mich überzeugt zu haben, dass die beschriebenen Streifen nicht immer von einer eigenthümlichen physikalischen oder chemischen Beschaffenheit des Schmelzes herrühren, sondern dass sie manchmal auch durch sehr zahlreiche, dünne Schmelzkanälchen, welche in einer dichten Reihe angeordnet sind, bedingt werden.

B. Von der Zahnsubstanz.

Die Histogenese der Zahnsubstanz (substantia dentalis seu tubulosa) ist leider noch sehr wenig gekannt und kaum in ihren Grundlinien skizzirt.

Wie sich die Gewebtheile der Pulpa zu einer festen, structurlosen, von mannigfach verästelten Röhrchen durchzogenen Substanz umwandeln; auf welche Weise namentlich die Zahnkanälchen sich herausbil-

den; was mit den in allen Theilen der Pulpa ausgebreiteten Gefässen während der mit der fortschreitenden Bildung der Zahnsubstanz parallel gehenden Verkleinerung der Pulpa geschieht u. s. w.; dies sind lauter Fragen, welche noch nicht als ausgemacht und genügend beantwortet angesehen werden können. So sehr ich gewünscht hätte, zur Ausfüllung dieser Lücke Etwas beizutragen, so musste ich doch aus Mangel an hinreichendem Material auf den Versuch einer vollständigen Darstellung der Entwicklungsweise der Zahnsubstanz verzichten und mich vorläufig nur damit begnügen, einige Structurverhältnisse derselben, welche bisher noch nicht genügend gewürdigt wurden, einer genauern Untersuchung zu unterwerfen.

Die Zahnsubstanz, welche bekanntlich die grösste Masse der Zähne ausmacht, bedingt, wie man sagt, durch ihre Form die Gestalt des ganzen Zahns. Dies ist im Allgemeinen richtig, obschon man dabei nicht vergessen darf, dass die Zahnsubstanz nirgends frei zu Tage liegt, sondern an der Spitze vom Schmelze, welcher nach unten an Mächtigkeit abnimmt, an dem übrigen frei gelassenen Theile vom Cement, welches nach unten an Mächtigkeit zunimmt, überzogen wird. Die äussere Begrenzung des Zahnes hängt daher auch von den Umrissen des Schmelzes und Cementes ab, da deren äussere Oberflächen nicht mit jener der Zahnsubstanz parallel gehen. Denken wir uns sowohl den Schmelz- als den Cementüberzug hinweg, so würde der nun blos aus der Zahnsubstanz bestehende Zahn eine andre Form erhalten, als er ursprünglich hatte. In der Zahnsubstanz befindet sich eine Höhle zur Aufnahme der Pulpa — die Keimhöhle, welche an der Wurzel, oder wenn mehrere Wurzeln vorhanden sind, an jeder derselben mit einem oder mehreren Löchelchen ausmündet. Die Wände der Keimhöhle sind bis auf den untersten Theil in der Wurzel von der Zahnsubstanz gebildet, an der genannten Stelle aber vom Cement. Man kann demnach eine innere der Pulpa zugewendete und eine äussere vom Schmelz und Cement überzogene Oberfläche der Zahnsubstanz unterscheiden.

Histologisch betrachtet, besteht die Zahnsubstanz aus einer festen, farb- und structurlosen Grundsubstanz und aus einer überaus grossen Anzahl von feinen verästelten Kanälchen, welche in der Grundsubstanz eingebettet sind. Ich habe die Grundsubstanz structurlos genannt, weil dieselbe im ausgebildeten Zustande in der That sowohl an Längs- als an Querschliffen structurlos erscheint und nur künstlich durch besondere Präparation in scheinbar eigenthümliche Elemente zerlegbar ist; damit soll zwar durchaus nicht gesagt sein, dass die Grundsubstanz nicht durch Verschmelzung gesonderter Elementartheile entstehe und niemals Spuren ihres Bildungsprocesses an sich trage, das aber wollte ich allerdings aussprechen, dass ich nicht im Stande war, irgend eine

Structur in der völlig entwickelten Grundsubstanz nachzuweisen. Die Fasern, aus welchen man den Zahnknorpel bestehend beschrieb, halte ich für Kunstproducte und glaube, dass der Grundsubstanz nur eine Spaltbarkeit in verschiedener Richtung zukommt. Da das Zahnbein schichtenweise abgelagert wird, wovon sich noch häufig Spuren auf dem Durchschnitte desselben finden, so ist es leicht denkbar, dass der Zusammenhang zwischen diesen Schichten unter günstigen Umständen zu lösen sein werde. Mir ist es gelungen, entsprechend der Schichtung, ganze Lagen der Zahnsubstanz abzusprengen, welche vollkommen glatte Oberflächen hatten. Die Spaltbarkeit des Zahnknorpels nach dem Verlaufe der Zahnröhrchen ist gleichfalls zu erklären, und es scheint mir, dass man auf dieses Verhalten der Zahnsubstanz keine weiteren Schlüsse bezüglich einer faserigen Structur derselben bauen darf. Denn wenn man nicht zu gleicher Zeit nachweisen kann, wie sich die Elementarfasern des Zahnknorpels, welche zwischen je zwei Kanälchen liegen sollen, auf dem Querschnitte verhalten: so ist ihre Existenz mehr als problematisch. Es ist die Breite dieser Zahnfasern wohl gemessen worden, allein von ihrer Dicke ist nichts angemerkt. Wie soll man sich ihre Anordnung vorstellen, wenn eine derselben nur zwischen je zwei Kanälchen liegen soll; wie ihr Verhalten an den Verästelungsstellen der Zahnkanälchen, und wie bei den Anastomosen? Eine klare Einsicht in solche Structurverhältnisse kann man nur dann erhalten, wenn man dieselben von mehreren Seiten untersucht, was bezüglich der Zahnfasern nicht geschehen ist.

In Erwäguug des Gesagten bin ich der Meinung, dass die Elementartheile, aus denen die Grundsubstanz des Zahnbeins entsteht, im Verlaufe des normalen, ungestörten Entwicklungsprocesses innig mit einander verschmelzen und in der Bildung einer structurlosen Masse völlig aufgehen. Wir besitzen für jetzt kein Mittel, die entwickelte Grundsubstanz in ihre ursprünglichen Elementartheile aufzulösen, und wir haben somit ein volles Recht, sie vorläufig für structurlos zu erklären. Die Spuren einer Schichtung, sowie die Spaltbarkeit nach dem Laufe der Kanälchen können nicht für einen Ausdruck von Structur der Grundsubstanz im engern Sinne des Wortes genommen werden. Es kommt hier wesentlich darauf an, sich darüber zu verständigen, welchen Begriff man mit dem Worte Structur verbinden will. Unter Structur im engern Sinne glaube ich aber in der Gewebelehre die Art der Zusammensetzung einer Substanz aus besonderen, selbstständigen, histologischen Elementen verstehen zu müssen. Die Schichten, in welche sich die Zahnsubstanz theilen lässt, und die faserigen Fetzen, welche vom Zahnknorpel gerissen werden können, wird man aber gewiss nicht zu histologischen Elementartheilen rechnen können. Im weitern Sinne kann man Structur gleichbedeutend nehmen mit Zusammensetzung über-

haupt, was ein Begriff von weit grösserem Umfang ist. Eine schichtenweise Zusammensetzung hat die Grundsubstanz allerdings, allein auch diese ist gewöhnlich gleichsam latent.

Die äussere Oberfläche der Zahnsubstanz wird, wie gesagt, theils vom Schmelz, theils vom Cement überzogen, und zwar gewöhnlich so vollständig überzogen, dass es zu den Ausnahmen gehört, wenn die Schmelzgrenze nicht zugleich genau der obern Begrenzungslinie des Cements entspricht, und so am Halse des Zahnes grössere Stellen unbedeckt bleiben. Der Theil der Oberfläche, welcher mit dem Schmelz in Berührung kommt, ist meistentheils uneben und entspricht vollständig der Beschaffenheit der innern Schmelzoberfläche; er ist, so zu sagen, ein Abdruck der letztern; der Theil, welcher an das Cement stösst, ist hingegen fast ganz glatt und eben.

Die Zahnsubstanz grenzt sich gewöhnlich sehr scharf gegen die beiden sie bedeckenden Substanzen ab; zwischen Schmelz und Zahnsubstanz ist dies immer der Fall, das Cement ist jedoch manchmal weniger scharf gegen die Zahnsubstanz abgesetzt. Man findet nicht selten die äusserste Schichte der Zahnsubstanz ganz homogen beschaffen und auf Durchschnitten als einen dünnen, hellen Streif zwischen die Substanzen gleichsam hineingeschoben. Auch an jungen Zähnen, welche ihren Cementüberzug noch nicht vollständig erhalten haben, erscheint diese Schichte sehr deutlich, und es liegt nahe, zwischen ihr und der membrana praeformativa eine Beziehung zu suchen.

Die innere der Keimhöhle zugewendete Oberfläche der Zahnsubstanz zeigt eine ganz besondere Beschaffenheit, welche aller Berücksichtigung werth ist. Um dieselbe zu untersuchen, macht man einen Flächenschnitt von der Wand der Keimhöhle und schleift mit Schonung der zu untersuchenden Seite, also von aussen her das Scheibchen so dünn, als es nothwendig erscheint. Die Gewohnheit, beim Zubereiten der Zahnschliffe abwechselnd bald die eine, bald die andre Seite derselben auf den Stein zu legen und abzuschleifen, mag daran Schuld haben, dass die eigenthümliche Beschaffenheit der Wand der Keimhöhle noch nicht genau erkannt ist; denn es genügen einige wenige Züge über den Schleifstein, um dieselbe zu verwischen oder ganz und gar zu vernichten. Das so bereitete Präparat legt man mit der abgeschliffenen Fläche auf das Objectgläschen, damit die zu untersuchende Seite dem Beobachter unmittelbar zugewendet sei, und betrachtet es mit einer 3—400maligen Vergrösserung. Die Zahnsubstanz erscheint dann an ihrer innern Oberfläche nicht als ein gleichmässiges Ganze, sondern bestehend aus Kugeln von verschiedenem Durchmesser, welche in verschiedenem Grade unter einander zu einer Masse verschmolzen sind, und auf welcher die Zahnkanälchen gegen die Keimhöhle ausmünden. Bei Beleuchtung von oben erkennt man diese tropfsteinartige Beschaf-

fenheit der innern Oberfläche der Zahnsubstanz sehr deutlich durch die verschiedene Beleuchtung der kugligen Erhabenheiten und durch die Schatten, welche sie werfen. Man hat es hier offenbar mit einem Entwickelungsstadium der Zahnsubstanz zu thun, denn je älter der Zahn ist, desto weniger auffallend ist im Allgemeinen dies Verhalten, und desto gleichmässiger wird die Oberfläche der Wand der Keimhöhle; in ganz alten Zähnen kommen wieder bedeutendere Unebenheiten daselbst vor, welche jedoch nicht kuglig sind, sondern ein narbenartig verzogenes Ansehen haben. Am besten ist es, das Präparat von einem Zahn zu machen, dessen Wurzel noch nicht völlig geschlossen ist. Auf solchen Präparaten überzeugt man sich leicht, dass die Grundsubstanz der zuletzt gebildeten Schichte des Zahnbeins wenigstens theilweise in Form von Kugeln auftritt, welche unter einander und mit den Kugeln der vorletzten Schichten verschmelzen, und dass der Durchmesser derselben gegen die Peripherie der Zahnsubstanz im Allgemeinen immer kleiner und kleiner, ja punktförmig wird. Die Mehrzahl dieser Kugeln ist von einem oder mehreren Röhrchen von innen nach aussen quer durchbohrt. Sehr häufig jedoch erscheinen sie ganz homogen und enthalten kein Röhrchen.

So verhält sich die Sache von der Fläche aus gesehen (vgl. Fig. 1.). Auf Quer- und Längsschliffen, welche durch die Keimhöhle gehen, nimmt sich diese Beschaffenheit der innern Oberfläche der Zahnsubstanz natürlich anders aus. Während die Zahnröhrchen bei der ersten Ansicht dem Beobachter ihre Lumina zukehrten, präsentiren sie sich auf Quer- und Längsschliffen von der Seite. Die zum Theil verschmolzenen Kugeln, welche mehr oder weniger kreisrund erschienen, müssen im Durchschnitt halbkuglige Erhabenheiten darstellen und der der innern Oberfläche der Zahnsubstanz entsprechenden Contour das Ansehen geben, als ob sie aus lauter Segmenten von Kreislinien zusammengesetzt wäre. Je weniger die Kugeln verschmolzen sind, desto ähnlicher erscheinen sie auch am Durchschnitt vollständigen Kugeln. Man sieht zugleich, wie die die Kugeln durchbohrenden Röhrchen Theile der Zahnkanälchen sind, welche erst bei der Verschmelzung der Grundsubstanz mit dem ihrer Richtung entsprechenden Zahnröhrchen zusammenstossen und ein Ganzes bilden. Es gelingt übrigens nicht immer, Quer- und Längsschliffe zu fertigen, welche zu dieser Untersuchung taugen, weil eben wegen der Unebenheit des zu untersuchenden Randes beim Schleifen, aber namentlich beim Sägen der Scheibchen leicht Beschädigungen stattfinden.

Nimmt man ganz junge, in der Bildung begriffene Zähne frisch aus dem Zahnsäckchen heraus und betrachtet, nachdem man den Zahn einfach in zwei Hälften gespaltet hat, die innere Oberfläche der neugebildeten Zahnsubstanz, so findet man die Kugeln in der beschriebenen

Weise, wie an den Präparaten von trocknen und weiter entwickelten Zähnen, wieder; nur scheinen die Kugeln nicht oberflächlich, sondern in der Substanz der neuentstandenen Zahnmasse zu liegen.

Uebrigens muss ich gestehen, dass mir die Bedeutung dieser Kugeln nicht klar geworden ist, und ich wage es nicht, eine bestimmte Ansicht über die Art ihrer Entstehung auszusprechen; doch kann ich nicht unbemerkt lassen, dass die Kugeln an den frischen, jungen Zähnen nach Zusatz von Salzsäure verschwinden, und demnach die Vermuthung nahe liege, dass die anorganischen Substanzen während des Verirdungsprocesses in Form von Kugeln abgelagert werden möchten. Darüber kann jedoch nur eine genaue Untersuchung der Entwicklung des Zahngewebes einen vollständigen Aufschluss geben Erinnern möchte ich hier noch an die Entwicklung der Substanz der Fischschuppen, welche einige Analogie mit der der Zahnsubstanz zu besitzen scheint. Man findet nämlich an der untern Fläche der Schuppe ähnliche Körper, wie die Kugeln der Zahnsubstanz, welche unter einander und mit der schon gebildeten Masse der Schuppe verschmelzen und sich nach Zusatz einer Säure auflösen.

Mag dem aber sein, wie ihm wolle, soviel steht fest, dass die in einem gewissen Entwicklungsstadium begriffene Zahnsubstanz in Form von solchen Kugeln auftritt, wie sie an der Wand der Keimhöhle oben beschrieben wurden, und dass diese Kugeln unter einander verschmelzen und verschmelzen müssen, um die legitime Zahnsubstanz darzustellen. Eine Bestätigung dieses Ausspruchs erhält man dadurch, dass unter Umständen diese Verschmelzung nicht stattfindet, und die Kugeln ihre Gestalt nicht aufgeben, und dass dann an verschiedenen Stellen mitten in der Zahnsubstanz Hohlräume gefunden werden, welche eben durch das Nichtverschmelzen der Kugeln nothwendig entstehen. Diese Lücken, welche zwischen den Kugeln bleiben, sind von sehr verschiedener Gestalt und Grösse[1]). Ich nenne sie Interglobularräume. Weil die Bedeutung dieser Kugeln nicht genau erkannt, und es nicht gewiss (ja unwahrscheinlich) ist, ob die Kugeln zelligen Elementen entsprechen, so habe ich gerade diese Bezeichnung gewählt, um nicht mit dem Namen eine Deutung auszuspreehen.

Die Interglobularräume kommen in verschiedener Ausdehnung und Anzahl an verschiedenen Punkten in der Zahnsubstanz namentlich jüngerer Zähne vor; am schönsten und von überraschend grosser Ausdehnung sah ich sie in dem Präparate von einem Eckzahn eines 15jährigen Knaben, welches sich im Besitze des Hrn. Prof. *Kölliker* befindet.

[1]) Ich habe eine vorläufige Mittheilung dieser Untersuchungen in dem ersten Bande der Verhandl. der physik.-medic. Gesellschaft in Würzburg gemacht, pag. 61.

Die Interglobularräume finden sich an zwei verschiedenen Punkten, erstens längs der Grenze zwischen der Zahnsubstanz und dem Cement, und zweitens dort, wo die Schichten, in welchen die Zahnsubstanz abgelagert wird, an einander stossen. An beiden Fundorten sind die Interglobularräume im Wesentlichen ganz gleich; nur darin unterscheiden sie sich einigermassen, dass die Kugeln, welche sie begrenzen, nicht gleich gross sind. Ich habe oben bemerkt, dass die Kugeln gegen die Peripherie der Zahnsubstanz an Durchmesser im Allgemeinen abnehmen. Daher müssen die Interglobularräume an der Grenze zwischen Zahnsubstanz und Cement von kleineren Kugeln begrenzt werden und überhaupt kleiner sein, als jene, welche mehr gegen die Mitte der Zahnsubstanz vorkommen. Ich habe Fig. 5. eine Abbildung von den Interglobularräumen an der Grenze zwischen der Zahnsubstanz und dem Cemente gegeben; sie stellen sich als kleine, unregelmässig zackige Höhlen dar, welche deutlich durch das Auseinandertreten von kleinen (bis $^3/_{600}$ W. L. im Durchmesser haltenden) Kugeln der Grundsubstanz entstehen, und haben auf dem Durchschnitt einige Aehnlichkeit mit verkümmerten Knochenkörperchen, für welche sie auch gehalten wurden. Sie bilden meist ein zusammenhängendes Stratum rings um die Zahnsubstanz herum und grenzen nach aussen an die oben erwähnte structurlose Lamelle, welche zwischen Cement und Zahnsubstanz eingeschaltet gefunden wird. Betrachtet man das Stratum dieser Interglobularräume auf einem Flächenschliff, so bemerkt man, dass sie öfter in bestimmten Absätzen dichter stehen, und erkennt diese Anhäufungen mit unbewaffnetem Auge als quer um die Zahnsubstanz laufende, durch die dünne Cementlage durchschimmernde weisse Linien. Am ausgezeichnetsten sah ich die beschriebenen Interglobularräume an einem Präparat von einem leider nicht näher bestimmten Thierzahne, welches sich in der Sammlung der Würzburger mikroskopischen Anstalt befindet (vgl. Fig. 6.).

Was die grösseren Interglobularräume betrifft, so liegen dieselben, wie gesagt, meist in Gruppen beisammen, welche mit der Schichtung der Zahnsubstanz in Beziehung stehen.

Fig. 3. und Fig. 4. habe ich einige abgebildet; doch sind es nicht von den grössten.

Man sieht (Fig. 3.), wie die Zahnkanälchen von den Hohlräumen in ihrem Laufe unterbrochen werden. Die begrenzenden Kugeln, welche von den Zahnkanälchen von innen nach aussen quer durchbohrt werden, sind oft von sehr ungleicher Grösse ($\frac{6 \text{ bis } 36}{1320}$‴) und in bedeutender Anzahl vorhanden.

Bei auffallendem Licht erscheinen die Interglobularräume ganz weiss, bei durchfallendem schwarz und undurchsichtig. Behandelt man den Schliff mit einer Flüssigkeit, welche leicht in die feinen Pörchen

der Zahnsubstanz eindringt (z. B. mit Terpentinöl), so füllen sich die Interglobularräume mit derselben und werden ganz durchsichtig und hell, und ihre Begrenzungen treten sehr deutlich hervor. Es ist kein Zweifel, dass die glänzend weisse Farbe der Interglobularräume von derselben Ursache abhängt, wie jene silberweisse Beschaffenheit der Zahnkanälchen — nämlich von der Anfüllung mit Luft. Ich habe auch weiter kein erhebliches Contentum in ihnen finden können.

Ueber die Interglobularräume muss ich übrigens im Allgemeinen noch Folgendes bemerken. Die Gestalt der Interglobularräume ist in den meisten Fällen so beschaffen, dass man ihre Begrenzung durch Kugeln auf den ersten Blick erkennt; manchmal ist dies schon schwieriger. Es giebt aber auch Hohlräume, an denen man eine Begrenzung durch sphärische Flächen geradezu nicht nachweisen kann, und man dürfte geneigt sein, zu vermuthen, dass es in der Zahnsubstanz noch Hohlräume andern Ursprungs, als die Interglobularräume, gäbe.

Die in Frage stehenden Höhlen sehen den Knochenkörperchen manchmal sehr ähnlich, nur dass sie oft viel grösser sind, als diese.

Es wäre demnach zu untersuchen, ob dies etwa wirklich (vielleicht veränderte) Knochenkörperchen sind, und ob sie überhaupt den Interglobularräumen beizuzählen wären?

Nach meinen Beobachtungen muss ich die erste Frage negativ beantworten, die zweite aber bejahen.

Zur Begründung meines Ausspruchs habe ich zu bemerken, dass diese Hohlräume sich gegen die Zahnkanälchen gerade so verhalten, wie die Interglobularräume, nämlich die Zahnkanälchen in ihrem Laufe unterbrechen, d. h. dass die Röhrchen auf der einen Seite, so zu sagen, in dieselben einmünden, auf der andern Seite aus ihnen entspringen. Wollte man nun diese Hohlräume durchaus für Knochenkörperchen ansehen, so müssten die Zahnkanälchen den Ausläufern der Knochenkörperchen analog gesagt werden, wozu man gar keine Veranlassung hat.

Ferner ist zu erwägen, dass die Kugeln factisch auf sehr verschiedene Weise zu einem Ganzen unter einander verschmelzen, wie uns ein Blick auf Fig. 1. lehrt, und dass es daher ganz gut erklärbar ist, wenn ein Interglobularraum keine sphärische Begrenzung hat. Man braucht also diese Hohlräume nicht von den Interglobularräumen, als verschiedene Gebilde, zu trennen.

Uebrigens ist hierzu noch anzuführen, wie verschieden in einem und demselben und in verschiedenen Zähnen das Ansehen jener Interglobularräume ist, welche an der Grenze zwischen Cement und Zahnsubstanz liegen; bald erscheinen nämlich die sie begrenzenden Kugeln deutlich und unverkennbar, bald hingegen ganz und gar verwischt.

Man wird aber doch nicht glauben wollen, dass diese Hohlräume

einmal durch das Auseinanderweichen oder Nichtverschmelzen der Zahnsubstanzkugeln, das andere Mal auf eine andre Weise entstehen.

Demnach halte ich die betreffenden Hohlräume für wahre Interglobularräume und glaube überhaupt an die Möglichkeit, dass Lücken, welche längere Zeit hindurch zwischen den Kugeln bestanden haben, selbst später noch in ihrer Gestalt verändert werden, ja selbst noch verschwinden können.

Ob Knochenkörperchen in der Zahnsubstanz überhaupt vorkommen, ist aber eine andre, schwer zu entscheidende Frage. Nach dem, was ich gesehen habe, möchte ich es noch bezweifeln. Man darf nicht jeden ramificirten Hohlraum gleich für ein Knochenkörperchen erklären. Ein Knochenkörperchen ist ein aus einer Zelle durch einen bestimmten Entwicklungsvorgang entstandenes Gebilde, und daher sind Hohlräume, welche auf eine andre Weise und nicht aus einer Zelle sich herausbilden, wenn sie auch vollständig den Knochenkörperchen ähnlich sähen, durchaus nicht mit diesen zu verwechseln.

Mir ist übrigens mitten unter den Kanälchen der Zahnsubstanz bis jetzt noch niemals ein Hohlraum vorgekommen, welcher einem ausgebildeten, legitimen Knochenkörperchen vollständig gleich gesehen hätte. Wenn auch eine histologische Verwandtschaft zwischen Knochen- und Zahnsubstanz zugegeben wird: so ist es darum noch nicht nothwendig, dass Elemente der einen in der andern vorkommen müssen. Wo immer Zahnsubstanz und Knochenmasse in unmittelbare Berührung treten, wie z. B. auch bei pathologischen Ablagerungen von Knochensubstanz innerhalb der Keimhöhle, findet man zwischen den Grundsubstanzen Beider eine mehr oder weniger scharfe, oft sehr auffallende Grenze und Verschiedenheit der Färbung. Es wäre die Frage, ob Knochenkörperchen auch in verschiedener Grundsubstanz vorkommen können. Obgleich dieselbe nicht zu verneinen ist, so möchte ich doch noch den Nachweis durch Beobachtungen abwarten, dass gewöhnliche Knochenkörperchen mitten in der Zahnsubstanz hier und da wirklich zu finden sind.

Die Beschreibung der Hohlräume der Zahnsubstanz führt uns zur Betrachtung der Zahnkanälchen, welche constante und wesentliche Formbestandtheile der Zahnsubstanz sind. Ueber den Verlauf und die Anordnung derselben besitzen wir sehr genaue Untersuchungen, und ich halte es für überflüssig, das darüber Gesagte noch einmal zu sagen. Nur das möchte ich hinzufügen, dass die Zahnkanälchen öfter, als man gewöhnlich annimmt, einen unregelmässigen, wirren Verlauf haben; namentlich ist dies der Fall in dem Wurzeltheile der Zahnsubstanz und in der pars alveolaris.

So bekannt auch der Verlauf und die Anordnung ist, und so oft die Zahnkanälchen Gegenstand genauer Untersuchungen waren, so giebt

es doch noch in Bezug auf dieselben mehrere streitige Punkte. Abgesehen von der Art ihrer Entstehung, von der wir nichts Genaues wissen, sind es namentlich die zwei Fragen, welche noch nicht übereinstimmend von den verschiedenen Forschern beantwortet sind: erstlich, ob die Zahnröhrchen eigene Wandungen besitzen; und zweitens, auf welche Weise die Aeste der Zahnröhrchen endigen.

Nach meinen Untersuchungen halte ich mich für überzeugt, dass die ausgebildeten, normalen Zahnkanälchen allerdings selbstständige Wandungen besitzen, welche aber nicht in allen Zähnen mit derselben Deutlichkeit nachgewiesen werden können. Am Besten sieht man die Wandungen an Querschliffen, an denen die Zahnkanälchen quer oder schräg durchschnitten sind. Es erscheint um das punktförmige Lumen der Zahnröhre ein mehr oder weniger breiter, meist gelblich gefärbter Saum, welchen schon *Purkinje* als den Durchschnitt der Wandung gedeutet hat. In manchen Fällen ist die äussere Contour dieses Saumes in der That nicht scharf, und man kann versucht sein, denselben für eine optische Täuschung auszugeben; allein häufig genug sieht man die äussere Contour so scharf und bestimmt, dass man durchaus nicht den geringsten Zweifel haben kann, dass dieser Saum wirklich der Durchschnitt einer selbstständigen Wandung sei. Hiernach bleibt nur anzunehmen, dass die Wandungen der Röhrchen in vielen Fällen überaus dünn oder vielleicht durch irgend einen Vorgang ganz verschwunden sind. Gegen die feineren Verzweigungen hin nehmen die Wandungen unter allen Umständen an Dicke ab.

Was die zweite Frage betrifft, so habe ich gesehen, dass die Zahnröhrchen auf verschiedene Weise endigen. Die Zahnröhrchen theilen sich an allen möglichen Stellen ihres Verlaufs in Aeste, ganz nahe an der Keimhöhle, weiter entfernt von ihr, und oft erst unmittelbar an der Peripherie. Häufig geben die Hauptäste eine unendlich grosse Anzahl überaus feiner Zweigchen während ihres ganzen Verlaufes ab (vgl. Fig. 5.).

Die durch die Theilungen entstandenen Aeste eines Zahnkanälchens anastomosiren nun entweder mit den Aesten anderer Röhrchen, oder sie endigen frei, und dann laufen sie bald fein aus, bald münden sie in verschiedene Hohlräume ein. In der Krone gehen sie häufig in die Schmelzräume über (Fig. 3.); es lässt sich wenigstens die Contour des Zahnröhrchens unmittelbar, ohne Unterbrechung, in die des Schmelzkanälchens verfolgen. In dem übrigen Theile der Zahnsubstanz stehen sie aber theils mit den Interglobularräumen an der Grenze zwischen Zahnsubstanz und Cement in Verbindung (Fig. 5.), oder sie erstrecken sich noch weiter in das Cement hinaus und treffen auf die Ramificationen der Knochenkörperchen.

Es ist offenbar zu weit gegangen, die freien Endigungen der Zahn-

röhrchen der Idee einer regelmässigen Circulation des Zahnsaftes zu Liebe durchweg zu läugnen, und überall Anastomosen zu sehen, welche zur Durchführung dieser Idee in so ausgedehnter Weise nicht einmal unumgänglich nothwendig sind. Wahr ist es allerdings, dass die Anastomosen der Zahnröhrchen bis in die neueste Zeit zu wenig berücksichtigt wurden. Schliesslich muss ich noch an das schon oben erwähnte Verhalten der Röhrchen zu den grossen Interglobularräumen erinnern, welche die Continuität derselben unterbrechen und in unmittelbarer Verbindung mit ihnen stehen.

Das Zahnbein wird also nach dem Mitgetheilten von einem fast in allen Theilen zusammenhängenden Röhren- und Höhlensysteme durchzogen, welches ohne Zweifel zur Leitung des Ernährungssaftes und nicht zur Aufbewahrung freier erdiger Bestandtheile bestimmt ist.

Man hat die Vermuthung ausgesprochen, dass die Circulation der Ernährungsflüssigkeit in diesem zusammenhängenden Gefässsysteme ähnlich vor sich gehen möge, wie jene des Blutes in den Arterien, Capillaren und Venen. Betrachtet man jedoch die gegebenen Verhältnisse näher, so muss man gestehen, dass durchaus keine Anhaltspunkte zur strengen Durchführung einer solchen Annahme vorhanden sind. Es dürfte namentlich schwer zu begreifen sein, durch welche Kräfte eine regelmässige Fortbewegung und Stromrichtung der Flüssigkeit bedingt werden solle. Man könnte zwar glauben, dass durch das rhythmische Anschwellen der Pulpa während der Systole ihrer arteriellen Gefässe auch eine rhythmische Bewegung in der Flüssigkeit hervorgerufen werden müsste; allein erstlich ist zu bedenken, dass der Unterschied der Blutanfüllung während der Systole und Diastole in so kleinen Arterien, wie in denen der Pulpa, kein erheblicher sein wird, und zweitens sind durch die starren, dem Luftdruck widerstrebenden Wandungen der Zahnröhrchen so eigenthümliche physikalische Verhältnisse gesetzt, dass man denselben erst volle Rechnung tragen müsste, bevor man das rhythmische Anschwellen der Pulpa als ein bewegendes Moment des Zahnsaftes proclamiren dürfte. Ein andres Moment, welches jedenfalls eine Bewegung der Ernährungsflüssigkeit bedingen muss, ist die Ausschwitzung neuer Flüssigkeit aus den Gefässen der Pulpa. Ich glaube daher, dass die Ernährungsflüssigkeit keineswegs in dem Röhrensysteme des Zahnbeins stagnirt, sondern dass sie in unregelmässiger, nicht genau determinirter Richtung bewegt werde, und dass in Bezug auf die Gefässe der Pulpa endosmotische und exosmotische Strömungen in der Flüssigkeit zu Stande kommen können.

Auch auf dem Durchschnitte der Zahnsubstanz kommen ähnlich, wie an jenem des Schmelzes, eigenthümliche Streifen vor. Auf Querschnitten sind sie kreisrund, oval, oder nach einer andern krummen Linie gebogen; auf Längsschnitten laufen sie schräg von aussen und

unten nach innen und oben, und zwar auf beiden Seiten der Keimhöhle; oberhalb der Keimhöhle vereinigen sich die Streifen der einen Seite mit jenen der andern bogenförmig, oder stossen, wie dies namentlich in dem äussersten Theile der Spitze geschieht, unter einem mehr oder weniger spitzen Winkel zusammen (Fig. 2.). Da die Grundsubstanz des Zahnbeins völlig durchsichtig ist, und die glänzend weisse, perlmutterartige Beschaffenheit der Zahnsubstanz nur durch die mit Luft gefüllten Hohlräume in derselben bedingt wird, so muss diese Streifung von besonderen Verhältnissen der Zahnkanälchen und der Interglobularräume abhängen. Diese regelmässige Streifung ist gleich den Jahresringen im Holze der Ausdruck einer schichtenweisen Ablagerung und stimmt genau mit der Krümmung der Lagen überein, in welchen die Zahnsubstanz abgesetzt wird. Untersucht man bei durchfallendem Lichte die bei der Beleuchtung von oben hell erscheinenden Streifen genau, so erkennt man, dass an diesen Stellen entweder Interglobularräume vorhanden sind (Fig. 2.), oder dass die Zahnkanälchen local erweitert oder wellenförmig gebogen sind, wodurch nothwendig eine Vergrösserung der das Licht reflectirenden Fläche gesetzt ist. Es kommen oft alle diese Momente zu gleicher Zeit zusammen, oft jedoch findet sich nur das eine oder das andre Verhältniss als Grund der hellern Färbung.

C. Vom Cement.

Wie der Schmelz die Krone, so überzieht das Cement den Hals und die Wurzel der Zähne als eine mehr oder weniger mächtige Schicht. Gegen das untere Ende der Wurzel nimmt die Dicke der Cementschicht zu.

Histologisch betrachtet besteht das Cement aus denselben Formelementen, wie die Knochensubstanz, mit Ausnahme der Haversianischen Kanälchen, welche ich noch nicht im Cement gesehen habe. Man findet zwar dann und wann ansehnlich dicke Kanäle im Cement; allein dieselben schienen mir immer einen andern Charakter zu haben, als wahre Knochenkanälchen. Ich besitze ein Präparat von einem sehr alten Zahne, in dessen Cement sich eine bedeutend grosse Menge verzweigter, dicker und varicöser Kanäle befinden, welche, mannigfach gebogen, in verschiedener Richtung das Cement durchziehen, aber durchaus nicht wie Haversianische Kanälchen aussehen. Auch in der Sammlung des Breslauer physiologischen Instituts sah ich ein Präparat, in welchem das Cement von zahlreichen dicken Kanälchen durchbohrt

war, die von aussen nach innen zogen und mit ihren blinden Enden mitunter bis in die Zahnsubstanz hineinreichten. Sie waren theilweise mit Luft gefüllt, einige von ihnen am Ende gabelförmig getheilt. Sie standen theils in Gruppen bei einander, welche aus einer gemeinschaftlichen Vertiefung der äussern Oberfläche des Cements entsprangen, theils verliefen sie isolirt. Auch diese Kanälchen erinnerten nicht an die im Knochen vorkommenden verzweigten Röhren, welche unter dem Namen der Haversianischen Kanälchen bekannt sind.

Die Knochenkörperchen des Cements stimmen im Allgemeinen mit jenen der Knochen überein; nur sind ihre Ausläufer meist zahlreicher, feiner, und von wirrem Verlauf, so dass man beide Sorten von Knochenkörperchen gewöhnlich auf den ersten Blick aus einander kennen kann. Die Entstehung der Knochenkörperchen aus Zellen ist sehr schön an jenen Stellen der schmelzfaltigen Thierzähne zu erkennen, wo Cement und Schmelz zusammenstossen. Die Knochenzellen liegen oft ganz isolirt in der letztern Substanz und zeigen die Verdickung ihrer Wandungen sehr deutlich. Ich habe Fig. 7. eine Abbildung davon gegeben.

Nebst den Knochenkörperchen kommen noch dünne Kanälchen vor, welche manchmal wie Sprünge aussehen und nicht selten sehr zahlreich, verzweigt und von gekrümmtem Verlaufe sind; ihre Richtung ist quer durch das Cement hindurch (vergl. Fig. 5.).

Diese verschiedenen Hohlräume des Cements stehen häufig unter einander in Verbindung; doch kann man sich leicht überzeugen, dass im Cement kein zusammenhängendes Röhrensystem besteht; ja man findet an vielen Präparaten lange Strecken weit oder überhaupt gar keine Spur irgend eines dieser Hohlräume, und das Cement erscheint homogen.

Die Grundsubstanz des Cements hat sehr häufig das Ansehen einer lamellösen Zusammensetzung, wie jene der Knochensubstanz; doch ist dieselbe nicht immer so deutlich und regelmässig, wie im Knochen.

Die äussere Oberfläche des Cements ist nicht ganz glatt und eben. Manchmal lässt sie, ähnlich wie die äussere Schmelzoberfläche, eine regelmässig wulstige, mikroskopisch untersucht aber wohl immer eine körnige Beschaffenheit deutlich erkennen.

D. Von den Nerven.

Die Nerven, welche für die Zähne bestimmt sind, stammen bekanntlich aus Nervus trigeminus und treten durch die kleinen Löchelchen an der Wurzel der Zähne in die Keimhöhle ein, um sich in der

Pulpa zu verbreiten. Die Blutgefässe begleiten die Nerven in grosser Anzahl und lösen sich an der Oberfläche der Pulpa in ein reiches Capillarnetz auf.

Um den Verlauf und die Anordnung der Nerven zu studiren, bricht man die Keimhöhle vorsichtig auf und nimmt dann mit möglichster Schonung, ohne gewaltsames Zerren, die ziemlich lose in der Keimhöhle liegende Pulpa heraus.

An einem frischen Präparate findet man die Gefässe gewöhnlich sehr schön mit Blut injicirt und kann wegen der Menge derselben kaum etwas von den Nerven unterscheiden. Es ist daher nothwendig, ein Reagens anzuwenden, welches die Grundsubstanz der Pulpa durchsichtig und die Blutgefässe verschwinden macht, sowie das Blut entfärbt.

Essigsäure taugt hierzu gar nichts, weil nach ihrer Einwirkung eine Menge Kernbildungen auftreten, welche auf der einen Seite soviel schlecht machen, als auf der andern Seite durch die Essigsäure verbessert wird. Als ein dem Zwecke entsprechendes, sehr vorzügliches Mittel ist hingegen eine mehr oder weniger gesättigte Natronlösung zu empfehlen. Dieses auf der Würzburger Mikroskopie sehr häufig angewendete Reagens hat die Eigenschaft, nicht nur die Grundsubstanz der Pulpa vollkommen durchsichtig, sondern auch die bluterfüllten Gefässe ganz und gar verschwinden zu machen, die Nerven hingegen nicht alsogleich anzugreifen, obschon dies nach längerer Einwirkung und bei stärkeren Concentrationsgraden endlich doch geschieht. Man hat aber immerhin Zeit genug, die Ausbreitung der Nerven, welche mit überraschender Klarheit hervortreten, hinreichend genau zu verfolgen und zu durchsuchen. Härtungsversuche mit Sublimat, wie ich sie an anderen Orten mit gutem Erfolg häufig angewendet habe, führten hier nicht zum Ziel, weil die Substanz der Pulpa sehr undurchsichtig wurde und, trotz aller angewendeten Mittel, blieb. Vorläufig ist das Natron das beste Reagens, um die Nerven der Pulpa sichtbar zu machen.

Die Anordnung und das Verhalten der Nerven in der Pulpa ist lange nicht so einfach, als man sich bisher vorgestellt hat. Was zunächst die Anordnung betrifft, so treten die Primitivfasern, in viele Bündelchen gesondert, in die Pulpa ein und verlaufen gerade gestreckt von unten nach oben gegen die Spitze. Die Bündelchen sind von verschiedner Stärke; manche unter ihnen enthalten blos zwei bis drei Fasern; auch einzelne Primitivfibrillen sieht man häufig in der Richtung der Bündel verlaufen.

Im Allgemeinen sind die stärkeren Bündel mehr central, die schwächeren mehr peripherisch angeordnet. Nicht selten findet zwischen den einander näher gelegenen Bündeln ein Austausch der Fasern statt, so dass dadurch eine Art von langmaschigem Plexus entsteht; doch ist es

für die Nerven der Pulpa charakteristisch, dass sie lange Strecken ganz isolirt verlaufen.

Verfolgt man die Bündel weiter, so sieht man, dass sie sich schliesslich in ein wirres Nervengeflecht auflösen, welches ganz oberflächlich, in den äussersten peripherischen Schichten der Pulpa liegt und an Mächtigkeit nach unten abnehmend bis über die Mitte der Pulpa herabsteigt. Die Nervenfasern laufen da sehr unregelmässig, in mannigfachen Biegungen durch einander.

Die mehr peripherisch gelegenen Bündel tragen hauptsächlich zur Bildung des untern und mittlern Abschnittes der oberflächlichen Nervenverbreitung bei, die mehr central gelegenen zur Bildung des obern Abschnittes.

Dies wäre ein allgemeines Schema der Verbreitungsweise der Nerven in der Pulpa, aus dem man ersieht, dass die Nerven nicht brevi manu an die Peripherie treten, sondern dass ihre eigentliche Endverbreitung erst dann stattfindet, wenn sie an der Bildung eines mehr oder weniger deutlich ausgesprochenen central gelegenen Plexus Theil genommen haben.

Das Verhalten der Nerven innerhalb dieses allgemeinen Schema's ihres Verlaufs ist folgendes. Die Primitivfibrillen verjüngen sich nach und nach und erscheinen, nachdem sie in das oberflächliche Netz getreten sind, blass contourirt. Theilungen der Primitivfasern kommen an verschiedenen Punkten vor. Ich habe wiederholte Theilungen der Zahnnervenfasern nicht nur beim Menschen, sondern auch beim Schwein, bei der Katze, dem Hunde und dem Kalbe beobachtet.

Ueber die eigentliche peripherische Endigung der Nervenfasern kann ich nichts Genaues angeben; von der Existenz der so häufig beschriebenen Endumbiegungsschlingen konnte ich mich nicht überzeugen. Wohl sah ich schlingenförmige Umbiegungen der Nervenfasern, namentlich in ihrer oberflächlichen Verbreitung; allein ich konnte niemals bemerken, dass die Faser nach ihrer Umbiegung die Pulpa wirklich wieder verlasse; denn entweder bog sie sich nach längerem oder kürzerem Verlauf abermals gegen die Spitze hinauf oder verschwand dem Blicke spurlos.

Ob die Aeste der Zahnnervenfasern frei endigen, ob sie Endschlingen oder Netze bilden, oder was sonst mit ihnen geschieht, muss ich unentschieden lassen.

Noch in einem andern zum Zahnapparate gehörenden Gewebe (abgesehen von der Pulpa, in welcher man von der Existenz der Nerven schon lange wusste), habe ich Nerven gefunden — nämlich im Periost der Zähne.

Es ist bekannt, dass sich zwischen der äussern Oberfläche der Zahnwurzel und der Innenfläche der Alveolen, hauptsächlich wohl zur

Befestigung der Zähne, eine straffe Zellgewebsmasse befindet, welche man als ein gemeinschaftliches Periost der Alveole und des Zahnes ansehen kann. Bricht man einen Zahn aus seiner Alveole heraus, so bleibt diese Zellgewebsmasse in grösserer oder geringerer Ausdehnung auf dem Zahne sitzen, und es genügt für die mikroskopische Untersuchung, Partieen derselben vorsichtig mit dem Messer abzupräpariren. In solchen Fetzen nun habe ich sehr häufig Nerven und Blutgefässe gefunden, nachdem ich zur Vermehrung der Durchsichtigkeit das Präparat mit Essigsäure behandelt hatte. Mir ist es nicht bekannt, dass an dieser Stelle schon früher Nerven beschrieben worden sind.

Der Reichthum der Zähne an sensitiven Nerven ist überaus gross, und es erklären sich zum Theil hieraus die enormen Schmerzen, welche in Folge von pathologischen Processen oder sonstigen Vorgängen an unserm Zahnapparate auftreten, und die bedeutende Empfindlichkeit gegen gewisse Reize, trotz der überwiegenden Masse unempfindlicher, starrer Substanzen, welche die Zähne zusammensetzen; obschon auf der andern Seite gerade diese starren, mit so viel unorganischen Bestandtheilen durchdrungenen Substanzen in ihrer besondern Anordnung um die sensitiven Apparate herum auch wieder Verhältnisse setzen, welche als günstige Momente für die Reizung der Nerven betrachtet werden müssen und selbst dann eine grössere Schmerzhaftigkeit und Empfindlichkeit der Zähne bedingen würden, wenn auch nicht so viele sensitive Nerven vorhanden wären.

Ich reflectire hierbei einmal auf den Umstand, dass die nervenreiche Pulpa in einer beschränkten, mit starren, unnachgiebigen Wandungen versehenen Höhle eingeschlossen ist und daher bei entzündlichen Processen, welche mit Exsudatbildung innerhalb der Keimhöhle einhergehen, sehr leicht einem bedeutenden Drucke ausgesetzt werden kann, welcher unter anderen Verhältnissen durch die Möglichkeit, dem Drucke des Exsudats auszuweichen, vielleicht sehr gering sein würde, — und dann auf die Leichtigkeit des Zustandekommens von Erschütterungen in so starren, harten Körpern, wie die Zahnsubstanzen, und die besondere Leitungsfähigkeit derselben für gewisse Reize. Als Beispiel für den letztern Umstand führe ich das bekannte Factum an, dass man zwischen den Zähnen die feinsten Sandkörnchen mit Leichtigkeit bemerkt, während dieselben zwischen den Fingern kaum eine erhebliche Empfindung verursachen können.

Die Empfindlichkeit eines sensitiven Organs hängt wesentlich allerdings nur von der absoluten Menge der sensitiven Nervenprimitivfibrillen ab; allein es ergiebt sich aus dem Gesagten, dass die Structur und Beschaffenheit des Organs in verschiedner Weise modificirend auf diese Eigenschaft einwirken kann.

Die Bestimmung der Zähne ist, als Werkzeuge zur Verkleinerung

der Speisen zu dienen. Die reiche Ausstattung dieser mechanischen Werkzeuge mit sensitiven Nerven lässt aber vermuthen, dass sie beim Acte des Kauens noch eine andre Rolle spielen werden, und dies ist auch wirklich der Fall. Die Zähne gehören nämlich mit zu den zahlreichen Organen des Tastsinnes (es sind gleichsam colossal entwickelte Tastpapillen) und vermitteln verschiedene sinnliche Wahrnehmungen. Sie haben deshalb auch — gleich den übrigen sensitiven Vorrichtungen in der Mundhöhle — noch die Bestimmung, die Thätigkeit der motorischen Apparate beim Kauen mit beherrschen und zweckdienlich reguliren zu helfen. Der Act des Kauens ist ein sehr zusammengesetzter, obschon der blos mechanische Theil desselben ganz einfach ist. Die motorischen Vorrichtungen allein ohne die sensitiven Apparate der Mundhöhle könnten keine zweckmässige Verkleinerung der Speisen zu Stande bringen, und zwar schon darum, weil sie überhaupt gar nicht in Thätigkeit gesetzt würden, wenn wir nicht durch die sensitiven Nerven belehrt würden, dass sich Speisen im Munde befinden. Es ist eben die Function der sensitiven Apparate, also auch der Zähne, uns während des Kauens über die Lage und Beschaffenheit der Speisen in Kenntniss zu setzen und zu erhalten, wodurch dann der Kraftaufwand und die Art der Bewegungen der Zunge, des Unterkiefers und der anderen hierher gehörigen beweglichen Theile bestimmt wird.

Damit die Zähne als Tastwerkzeuge wirken und überhaupt Empfindungen vermitteln, müssen die Nerven der Pulpa gereizt werden. (Die Nerven, welche ich im Zahnperiost gefunden habe, will ich vorläufig gar nicht in Rechnung bringen, indem Versuche über die Empfindlichkeit des Periosts überhaupt, welche auf der Würzburger Mikroskopie angestellt wurden, ein negatives Resultat gegeben haben.) Eine Reizung dieser Nerven kann aber (wenn der Zahn ganz unversehrt ist), von aussen her nur entweder durch eine Bewegung des ganzen Zahnes hervorgebracht werden, wodurch eine Zerrung der Nerven oder ein Druck auf die in die Wurzel eintretenden Nervenstämmchen ausgeübt wird, oder durch eine totale oder partielle Erschütterung, welche jedoch von einer gewissen Heftigkeit sein muss, damit sie sich bis zu den Nerven hinein fortpflanzt. Wärme, Kälte und andere specifische Reize müssen durch die Substanzen des Zahnes bis zu den Nerven fortgeleitet werden, um auf dieselben einwirken zu können.

Was die Schärfe der Empfindung in den Zähnen betrifft, so ist dieselbe ziemlich gering, indem wir nur unklar unterscheiden können, wo, an welchen Stellen ein bestimmter Zahn berührt wird. Der wirre Verlauf der Nerven in der peripherischen Ausbreitung derselben kann dies vielleicht einigermassen erklären; überdies ist noch der Umstand zu berücksichtigen, dass die durch die Berührung an einer Stelle erzeugten Erschütterungen sich in grösserer Ausdehnung der festen Zahn-

substanz mittheilen, und daher bei jeder Berührung wohl alle Nerven, freilich mehr oder weniger stark, erschüttert und gereizt werden müssen. Es ist hiernach eigentlich sehr bemerkenswerth, dass die Zähne relativ doch noch so viel Schärfe der Empfindung haben.

Man hat hier an den Zähnen ein schönes Beispiel, in welcher Weise die Beschaffenheit eines sensitiven Organs und die physikalische Qualität seiner Substanzen bestimmend und modificirend auf die Brauchbarkeit und die Function desselben einwirken kann.

Wenn die Nerven in den Zähnen wirklich auch so angeordnet und eingerichtet wären, dass sie noch weit schärfer, als in ihrer jetzigen Anordnung, gleichzeitige und räumlich von einander entfernt einwirkende Reize in der Empfindung räumlich zu sondern im Stande wären, so würden die Zähne aus dem angegebenen Grunde wahrscheinlich doch keine feinfühlenden und ausgezeichneten Tastwerkzeuge sein, obsehon sie natürlich trotzdem feinfühlend genannt werden müssten.

Es verhielte sich dabei gerade so, wie bei einem Auge, welches aus einer sehr scharf empfindenden Retina und aus einem sehr unvollkommenen, ganz undeutliche Bilder entwerfenden optischen Apparate bestände.

Dieses Auge würde zwar ein sehr schlechtes, unbrauchbares Sehwerkzeug sein; allein es würde immerhin die auf seiner Retina entworfenen Bilder bis auf die kleinsten Zerstreuungskreise genau und scharf wahrnehmen und deshalb als ein feinfühlendes Organ betrachtet werden müssen.

Die Schärfe der Empfindung in einem Organe hängt wesentlich blos von der Anordnung der Nerven ab (nämlich von der relativen Menge Primitivfasern, welche gesonderte Empfindungen vermitteln); auf den Bau und die physikalische Qualität desselben kommt gar nichts an, sobald die Nerven nur überhaupt durch äussere Gegenstände in einen Reizungszustand versetzt werden können, weil sonst die sensitive Fähigkeit dieses Organs gar nicht in die Erscheinung treten kann — ausgenommen durch subjective Empfindungen.

Ich schliesse hiermit diese Bemerkungen, welche sich in ausgedehntem Masse über die neuro-physiologischen Verhältnisse der Zähne anstellen liessen, weil mich dies weit über die Grenzen einer anatomischen Abhandlung hinausführen würde; nur das will ich noch bemerken, dass das eben Gesagte zur Erläuterung meiner an einem andern Orte über diesen Gegenstand ausgesprochenen Ansichten dienen kann.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. stellt die eigenthümliche Beschaffenheit der innern Oberfläche des Zahnbeins dar. Die Zeichnung ist nach einem Präparate von einem zweiten oder bleibenden menschlichen Zahne, dessen Wurzel noch nicht völlig geschlossen war, gefertigt.

Fig. 2. Längsschnitt eines Eckzahns bei schwacher Vergrösserung.

Fig. 3. Interglobularräume in der Zahnsubstanz der Krone, und Schmelzräume. Längsschliff. Vergrösserung 400.

Fig. 4. Zahnsubstanzkugeln im Querschnitt. Aus der Krone eines Mahlzahns.

Fig. 5. Längsschliff von einem untern Eckzahn eines 15jährigen Knaben. Eine Stelle im untern Drittel der Wurzel.

Fig. 6. Interglobularräume an der Grenze zwischen Cement und Zahnsubstanz. Das Präparat ist aus einem nicht näher bestimmten Thierzahne gemacht.

Fig. 7. Querschnitt eines Mahlzahnes vom Pferde. Eine Stelle, wo Cement und Schmelz unmittelbar aneinander stossen. —

Fig. 3.

Fig. 2.

Fig. 1.

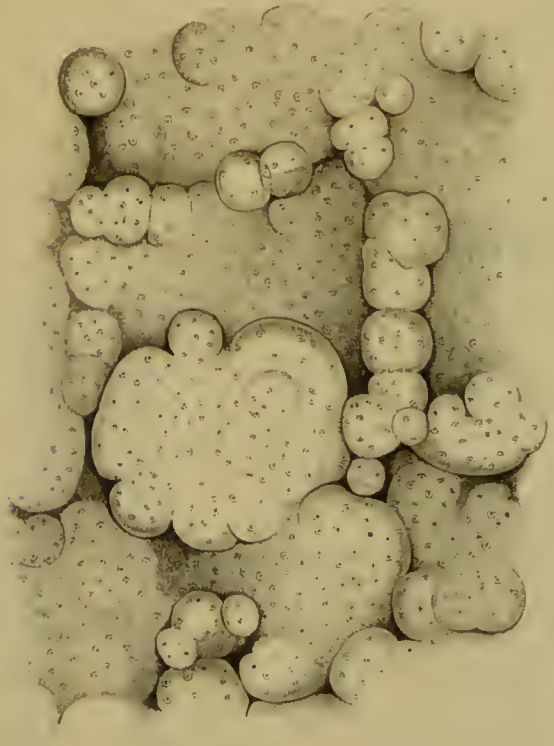


Fig. 7.

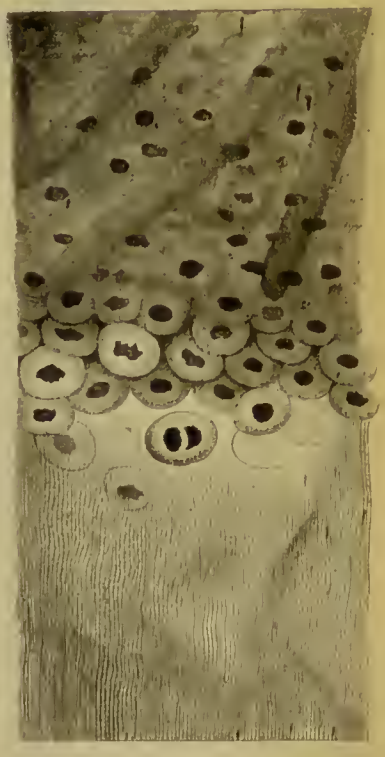
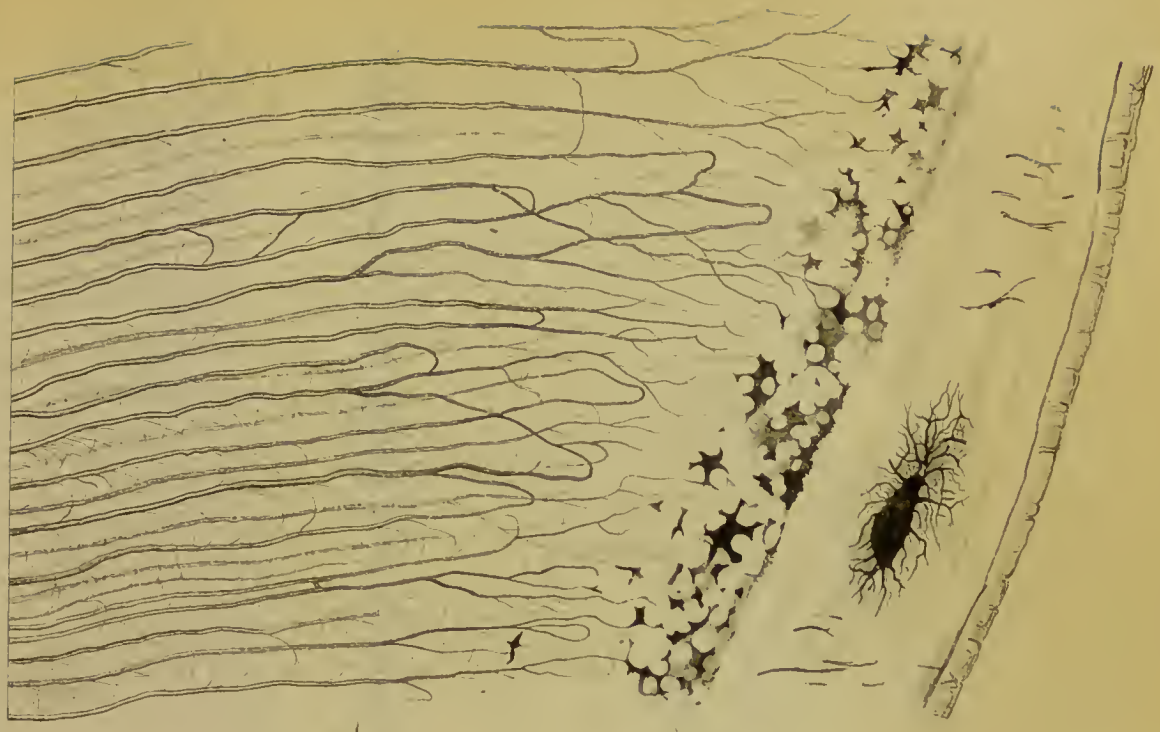


Fig. 5.



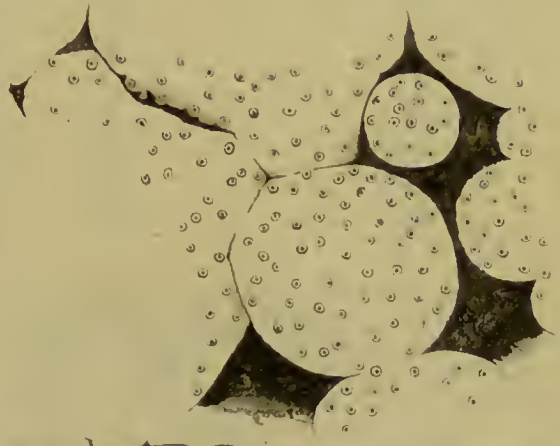


Fig. 4.

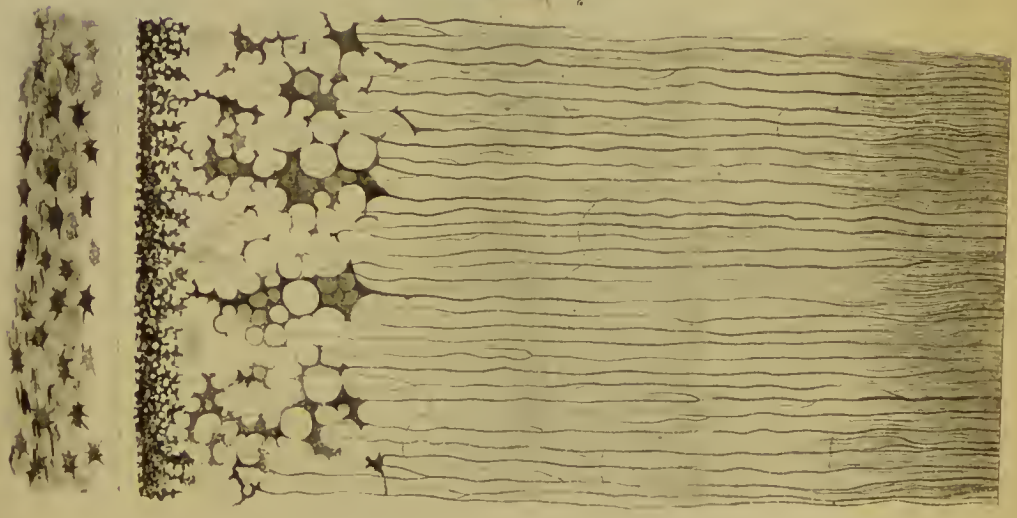


Fig. 6.